

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09282723  
PUBLICATION DATE : 31-10-97

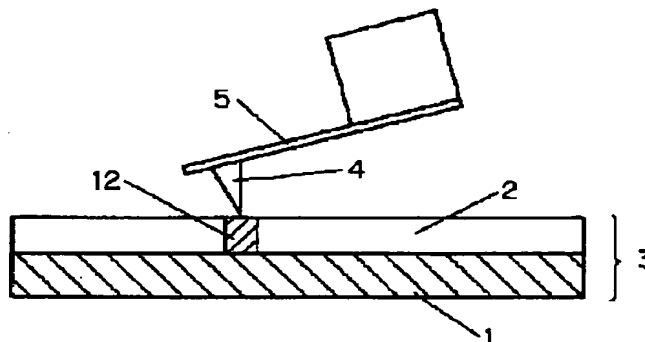
APPLICATION DATE : 11-04-96  
APPLICATION NUMBER : 08089232

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : KADO HIROYUKI;

INT.CL. : G11B 9/00 G01N 37/00

TITLE : INFORMATION RECORDING DEVICE,  
INFORMATION RECORDING METHOD  
AND INFORMATION REPRODUCING  
METHOD



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a highly durable super-high density recording device and super-high density recording method capable of decreasing the voltage necessary for writing and erasing and increasing the voltage at which an amorphous semiconductor thin film constituting a recording medium or a conductive probe begins to receive damage.

SOLUTION: This device records data bit by impressing the voltage between the conductive probe 4 disposed at the front end of a cantilever 5 and the recording medium 2 contg. the amorphous semiconductor thin film 2 in the state of bringing the conductive probe 4 into contact with or proximity to the surface of the recording medium 3. The conductive probe 4 is composed of diamond of a (p) type. The amorphous semiconductor thin film 2 is composed of a material contg. at least one kind selected from Ge, Si, Sb or Te.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

This Page Blank (used)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-282723

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 9/00		9075-5D	G 1 1 B 9/00	
G 0 1 N 37/00			G 0 1 N 37/00	F

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-89232

(22) 出願日 平成8年(1996)4月11日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 任田 隆夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 加道 博行

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

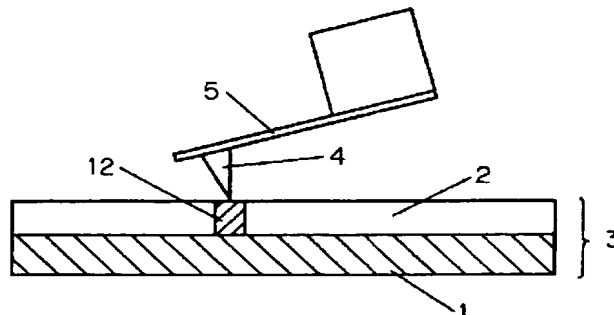
(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

(54) 【発明の名称】 情報記録装置、情報記録方法及び情報再生方法

(57) 【要約】

【課題】 書き込みや消去に必要な電圧を低減するとともに、記録媒体を構成するアモルファス半導体薄膜、あるいは導電性探針が損傷を受け始める電圧を増大させることができ、耐久性の高い超高密度記録装置および超高密度記録方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 カンチレバー5先端部に設けられた導電性探針4をアモルファス半導体薄膜2を含む記録媒体3表面に近接あるいは接触させた状態で、導電性探針4と記録媒体2との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録装置であり、導電性探針4がP型のダイヤモンドで構成され、アモルファス半導体薄膜2がGe、Si、SbまたはTeから選ばれる少なくとも1種類を含む材料で構成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】カンチレバー先端部に設けられた導電性探針をアモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に接触させた状態で、前記導電性探針と前記記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録装置であって、前記導電性探針が前記アモルファス半導体薄膜と同じ導電型の半導体で構成されていることを特徴とする情報記録装置。

【請求項2】導電性探針がGe、Si、窒化ほう素、窒化アルミニウム、窒化ガリウム、窒化チタン、炭化ほう素、炭化珪素、ダイヤモンドから選ばれる少なくとも1種類を含有していることを特徴とする請求項1に記載の情報記録装置。

【請求項3】カンチレバーのバネ定数が0.5N/m以下であることを特徴とする請求項1に記載の情報記録装置。

【請求項4】導電性探針がダイヤモンドで構成されたことを特徴とする請求項1に記載の情報記録装置。

【請求項5】アモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に、カンチレバー先端部に設けられ、前記アモルファス半導体薄膜と同じ導電型の材料で構成された導電性探針を接触させた状態で、前記導電性探針と前記記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録方法であって、導電型がP型の導電性探針を用いる場合には、データ・ビットの書き込み時に前記探針に正の電圧を、消去時には負の電圧を印加し、導電型がN型の導電性探針を用いる場合には、データ・ビットの書き込み時に前記探針に負の電圧を、消去時には正の電圧を印加することを特徴とする情報記録方法。

【請求項6】記録媒体表面が厚さ2ミクロン以下、2ナノメートル以上の絶縁性液体で被覆されていることを特徴とする請求項5に記載の情報記録方法。

【請求項7】アモルファス半導体薄膜材料がGe、Si、SbおよびTeから選ばれる少なくとも1種類を含有していることを特徴とする請求項5に記載の情報記録方法。

【請求項8】アモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に、カンチレバー先端部に設けられ、前記アモルファス半導体薄膜と同じ導電型の材料で構成された導電性探針を接触させた状態で、前記導電性探針と前記記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録方法であって、導電型がP型の導電性探針を用いる場合には、前記探針に負の電圧を印加した状態で、前記探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、書き込み時にのみ前記探針に正の電圧を印加することによりデータ・ビットをオーバーライトし、導電型がN型の導電性探針を用いる場合には、前記探針に正の電圧を印加した状態で、前記探針を前記記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、書き込み時にのみ前記探針に、負の電圧を印加することによりデータ・ビットを

オーバーライトすることを特徴とする情報記録方法。

【請求項9】アモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に、カンチレバー先端部に設けられ、前記アモルファス半導体薄膜と同じ導電型の材料で構成された導電性探針を接触させた状態で、前記導電性探針と前記記録媒体との間に電圧を印加して記録されたデータ・ビットを再生する情報再生方法であって、前記記録導電性探針と記録媒体との間に書き込み時と同じ極性の電圧を印加した状態で、前記導電性探針を前記記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、前記導電性探針と前記記録媒体との間に流れる電流を検出して、データ・ビットを再生することを特徴とする情報再生方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、原子間力顕微鏡（以下「AFM」称する）技術を応用した情報記録装置およびそれを用いた情報記録方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】現在、実用化されている情報の記録方法の代表例としては、下記に示す4種類の方法が挙げられる。

【0003】まず第1に、磁気テープ、磁気ディスク等の強磁性体微粒子の磁化方向を変化させ、あるいは検出することにより情報の記録、再生を行う磁気記録方法、第2に、光ディスク等のディスク上に形成されたビットをレーザー光を利用してピックアップする光記録方法、第3に磁気カー効果やファラデー効果などの磁気光学効果を有する光磁気膜にレーザー光と外部磁場を利用して記録、再生を行う光磁気記録方法、第4に、結晶相とアモルファス相をレーザー光の熱エネルギーによって制御し、それらの間の屈折率の違いをレーザー光で検出する相変化記録方法である。

【0004】上記の4種類の記録技術はすべて記録密度の向上を目指しているものであるが、いずれも記録密度の向上に関しては原理的に限界を有している。例えば、第1の方法である磁気記録方法の場合には、磁性材料の磁化状態を利用して記録するために、磁区の微小化と検出信号の微弱化との兼ね合いから記録密度には限界がある。また、第2の方法である光記録方法の場合には、記録、再生できるビット径はレーザー光の集光スポット径に依存するが、このスポット径は、レーザー光の波長により制限される。さらに、第3及び第4の方法である光磁気記録方法、相変化記録方法に関しても、レーザー光を利用して記録を行うために、上記の第2の方法と同様の理由から限界がある。

【0005】以上のような、記録の高密度化への課題を解決するために、近年、走査トンネル顕微鏡（以下「STM」という）やAFMなどの走査型プローブ顕微鏡（以下「SPM」という）技術を応用した超高密度記録方法が提案されている。これは、記録媒体の表面形状に

変化を生じさせたり、表面の物理的性質に変化を与えることにより情報を記録するというものである。

【0006】上記したSTMにより記録媒体の表面形状に変化を生じさせたり、表面の物理的性質に変化を与える方法としては、下記に示すような3種類の方法が提案されている。まず第1に、探針を記録媒体に直接押し付ける機械的加工法、第2に、探針と基板との間に強電界を発生させ、探針材料を記録媒体表面に堆積させたり、記録媒体表面から物質を除去する電界蒸発法、第3に、探針と記録媒体との間に電圧を印加し、流れる電流の熱エネルギーを利用して表面状態を変化させる電気的方法などである。また、AFMを用いた記録方法においても、STMの場合と同様な提案がなされている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】まず上記したSTMを用いた電氣的な記録方法は、記録密度を $1\text{Tb}/\text{in}^2$ 以上に上げることができると可能性のある点では有望である。

【0008】しかしながら、信号の書き込み、読み出し速度を大きくするには、探針を記録媒体表面からnmのオーダーで離れた位置に高速に高精度で制御する必要があるために実用化の面で問題が多い。また、記録時に探針と記録媒体とが離れているために、比較的大きな電圧を印加する必要がある、探針が破損し易いといった問題点がある。さらに、電気的方法で変化させた表面状態を、トンネル電流を検出して再生する場合、記録媒体表面にそもそも存在する表面の凹凸の情報が検出されるトンネル電流に含まれるために、これらの情報を分離する複雑な操作や装置が必要となる。

【0009】一方AFMを用いた電氣的な記録方法においても、記録密度を $1\text{Tb}/\text{in}^2$ 以上に上げることができると可能性があり有望であるものの、書き込み速度を速くするために、書き込みパルス幅を小さくし、パルス電圧を高くすると探針が破損するといった問題点がある。

【0010】そこで本発明は、上記した従来技術における課題を解決するため、AFM技術を応用し、超高密度で書き込み速度が速く、記録用の探針が破損してしまうといった問題点が生じず、耐久性にも優れた情報記録装置およびそれに用いる情報記録方法を提供することを目的とするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の第1の情報記録装置は、カンチレバー先端部に設けられた導電性探針をアモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に近接あるいは接触させた状態で、導電性探針と記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録装置であって、導電性探針がアモルファス半導体薄膜と同じ導電型の半導体で構成されたものである。

【0012】また、本発明に係る情報記録装置の第2の構成は、カンチレバー先端部に設けられた導電性探針をアモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に近接あるいは接触させた状態で、導電性探針と記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録装置であって、記録媒体表面は厚さ2ミクロン以下、2ナノメートル以上の絶縁性液体で被覆されていることを特徴とする。

【0013】また、本発明の第1、第2の構成においては、アモルファス半導体薄膜材料がGe、Si、Sb及びTeから選ばれる少なくとも1種類を含むことが好ましい。

【0014】また、本発明の第1、第2の構成においては、導電性探針がGe、Si、窒化ほう素、窒化アルミニウム、窒化ガリウム、窒化チタン、炭化ほう素、炭化珪素、ダイヤモンドから選ばれる少なくとも1種類を含み、カンチレバーのバネ定数が $0.5\text{N}/\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0015】また、本発明に係る情報記録装置のさらに好ましい第3の構成は、カンチレバー先端部に設けられた導電性探針をP型のアモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に近接あるいは接触させた状態で、探針と前記記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録装置であって、探針がP型のダイヤモンドで構成され、アモルファス半導体薄膜が厚さ5ナノメートル以上、25ナノメートル以下のGe、Si、SbおよびTeから選ばれる少なくとも1種類を含む材料で構成され、記録媒体表面は厚さ2ナノメートル以上、1ミクロン以下の絶縁性液体で被覆されているものである。

【0016】次に、本発明の第1の情報記録方法は、アモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に、カンチレバー先端部に設けられ、アモルファス半導体薄膜と同じ導電型の半導体で構成され導電性探針を近接あるいは接触させた状態で、導電性探針と記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録方法であって、導電型がP型の導電性探針を用いる場合には、データ・ビットの書き込み時に探針に正の電圧を、消去時には負の電圧を印加し、導電型がN型の導電性探針を用いる場合には、データ・ビットの書き込み時に探針に負の電圧を、消去時には正の電圧を印加することを特徴とする。

【0017】また、本発明に係る情報記録方法の第2の構成は、アモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に、カンチレバー先端部に設けられ、アモルファス半導体薄膜と同じ導電型の半導体で構成され導電性探針を近接あるいは接触させた状態で、導電性探針と記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録方法であって、導電型がP型の導電性探針を用いる場合には、探針に負性の電圧を印加した状態で、探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、書き込

み時にのみ探針に正の電圧を印加することによりデータ・ビットをオーバーライトし、導電型がN型の導電性探針を用いる場合には、探針に正の電圧を印加した状態で、探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、記録時にのみ探針に、負の電圧を印加することによりデータ・ビットをオーバーライトすることを特徴とする。

【0018】また、本発明の情報記録方法の第1、第2の構成においては、導電性探針と記録媒体との間に電圧を印加した状態で、探針を前記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、探針と記録媒体との間に流れる電流を検出して、データ・ビットを読み出し再生することが好ましい。

【0019】また、本発明に係る情報記録方法のさらに好ましい第3の構成は、厚さ5ナノメートル以上、25ナノメートル以下のGe、Si、SbおよびTeから選ばれる少なくとも1種類の材料からなるP型のアモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に、カンチレバー先端部に設けられたP型のダイヤモンドで構成され導電性探針を近接あるいは接触させた状態で、探針と前記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録方法であって、データ・ビットの書き込み時に探針に正の電圧を、消去時には負の電圧を印加し、データ・ビットの読み出し時には書き込み時よりも小さな正の電圧を印加した状態で、探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、探針を流れる電流を検出してデータ・ビットを読み出すことを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態における情報記録装置及び情報記録方法について、図面を参照しながら説明する。

【0021】図1は本発明実施の形態における情報記録装置の概略を示す断面図である。カンチレバー5の先端部に設けられた導電性探針4を、導電性基体1上に形成されたアモルファス半導体薄膜2からなる記録媒体3の表面に接触させた状態で、前記導電性探針4と前記録媒体3との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録するというものである。

【0022】この際、導電性探針4を、アモルファス半導体薄膜2と同じ導電型の半導体で構成することにより、書き込みのために必要とされる探針4への印加電圧を、異なる導電型の導電性探針とアモルファス半導体で構成した場合よりも低くすることができる。つまり、P型のアモルファス半導体に対してはP型の半導体からなる探針を用い、N型のアモルファス半導体に対してはN型の半導体からなる探針を用いてやればよい。これは、探針4とアモルファス材料薄膜2との導電型を一致させることにより、アモルファス半導体薄膜への電子や正孔の注入がより低い電圧で行なわれるようになったためと考えられる。

【0023】次に情報を記録する際の具体的な方法についてであるが、導電型がP型の導電性探針およびアモルファス半導体を用いる場合には、データ・ビットの書き込み時に探針に正の電圧を、消去時には負の電圧を印加することにより、それぞれ逆極性の電圧を印加する場合よりも再現性良く、かつ低電圧で書き込みおよび消去を行なうことができる。また、導電型がN型の探針およびアモルファス半導体を用いる場合には、データ・ビットの書き込み時に導電性探針に負の電圧を、消去時には正の電圧を印加することにより、それぞれ逆極性の電圧を印加する場合よりも再現性良く、かつ低電圧で書き込みおよび消去を行なうことができる。この原因としては、書き込みはP型のアモルファス半導体ではP型の探針を用いることにより容易に正孔の注入が行なわれ、N型のアモルファス半導体ではN型の探針により電子の注入が容易に行なわれるためと考えられる。

【0024】次に既に書き込まれた情報の上に、新しい情報を書き込むオーバーライトを行なう際の具体的な方法についてであるが、導電型がP型の導電性探針およびP型のアモルファス半導体を用いる場合には、導電性探針に負の電圧を印加した状態で、探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、書き込み時にのみ導電性探針に正の電圧を印加し、導電型がN型の探針およびN型のアモルファス半導体を用いる場合には、導電性探針に正の電圧を印加した状態で、探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、書き込み時にのみ前記導電性探針に、負の電圧を印加する。

【0025】なお、情報の読み出し（再生）は、導電性探針と記録媒体との間に書き込み時と同じ極性の電圧を印加した状態で、導電性探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、導電性探針に流れる電流を検出することにより行なうことができる。

【0026】また、記録媒体3（アモルファス半導体薄膜2）の表面をシリコンオイルなどの絶縁性液体で被覆することにより、探針や記録媒体が破損し始める探針への印加電圧をより大きくすることができ、結果として情報記録装置の耐久性を向上させることができる。これは探針や記録媒体の破損が電界蒸発現象により発生しているため、探針の先端近傍と探針により強電界が印加される記録媒体表面との間に絶縁性液体を介在させることにより電界蒸発が起りにくくなったものと考えられる。

【0027】以上、本発明の概要について説明を行ったが、以下では詳細に本発明を説明することとする。

【0028】（実施の形態1）図2に本発明の実施の形態における情報記録装置の構成断面図を示すが、以下では、記録媒体と情報記録装置とに分けて本実施の形態を説明する。

【0029】まず記録媒体についてであるが、図2に示すように、円盤14（例えばアルミ等から形成されている）の上には導電性基体1（例えばシリコン等から形成

されている)が形成されており、さらに導電性基体1の上には、アモルファス半導体材料である厚さ20nmのアモルファス状態の $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ 薄膜2が形成されている。そして上記の電性基体1及びアモルファス半導体材料2により記録媒体3を形成している。なお、上記のアモルファス半導体材料2の導電型はP型であり、初期状態における抵抗値が大きい(例えば $10^3\Omega\text{cm}$ )ものが用いられている。

【0030】一方情報記録装置についてであるが、記録媒体3に対向して配置された導電性探針4は、ほう素をイオン注入したP型導電性のダイヤモンドから構成されており、記録又は再生中に起こり得る記録媒体3の表面との衝突による衝撃を和らげるために、厚さ30ミクロンの金属箔によって作製されたバネ定数0.1N/μmのカンチレバー5の先端部に導電性接着剤13により固定されている。

【0031】上記のカンチレバー5は、X方向、Y方向及びZ方向に精密駆動可能なアクチュエーター6に取り付けられており、これにより、導電性探針4を記録媒体3の表面に沿って0.1nm以下の精度で移動させることができる。また、直流電圧電源7と、パルス電圧電源8と、これらの電圧を加算する電圧加算器9とにより、導電性探針4と記録媒体3との間に電圧を印加する構成となっている。なお、これらの回路には1MΩの保護抵抗10と、導電性探針4を流れる電流を検出するための電流増幅器11とが接続されている。

【0032】次に以下では、図2を参照しながら本実施の形態における情報の記録、再生方法について説明する。

【0033】導電性探針4は、アクチュエーター6によって記録媒体3の表面に小さな力で接触するように制御されながら、相対速度2mm/secで円盤14を回転させることにより記録媒体3表面上を移動する。導電性探針4が記録すべき位置に達した瞬間に、パルス電圧電源8によって+3V-10μsecのパルス電圧を発生させ導電性探針4に電圧を印加すると、記録媒体3のうちパルス電圧を印加した部分12は、抵抗値が低下して(例えば $10\Omega\text{cm}$ )、これがデータ・ビットとして記録された。上記のように抵抗値が変化する理由は、媒体表面のエネルギーバンド構造が変化し、結果として電流が流れやすくなったためと考えられる。

【0034】今度は記録した情報の再生方法について説明する。記録部は抵抗値が未記録部と異なり、抵抗値が低くなっているため、この抵抗値の変化を電流値の変化として読み出すことにより記録された情報を読み出すことができる。具体的には、導電性探針4に電源7によって+0.5Vの直流電圧を印加し、記録媒体3の表面に接触させながら相対速度2mm/secで円盤14を回転させることにより記録媒体3表面を走査した。この時、探針4を流れる電流を電流増幅器11を通して検出

することにより、記録されたデータ・ビットを読み出すことができた。但し、この再生時の再生電圧は、記録媒体が抵抗値変化を起こさない程度の大きさである必要がある。本実施の形態の場合、書き込み可能な電圧(言い換えれば記録媒体の抵抗値に変化を与えることの可能な電圧)のしきい値は+2.7Vであった。したがって、それ以下の電圧を印加することにより、情報の読み出しを行う必要がある。この方法によって再生された記録部12の大きさは、直径が約20nmの円であった(なお、探針の先端の曲率半径は100nm程度である)。記録ビットがこの程度の大きさの場合には、1Tbit/i<sup>2</sup>程度の情報を記録することは十分可能である。また、この記録ビットの大きさは、導電性探針4と記録媒体3との接触面積に依存する。従って、先端曲率半径の小さい導電性探針を用いることにより、さらなる高密度化を図ることができる。

【0035】次に以下では、記録した情報の消去方法について説明する。上記した記録時と同様に導電性探針4を記録されたデータ・ビット上に移動し、導電性探針4を記録媒体3に接触させた状態で、-1V-10μsecのパルス電圧を印加すると、記録部の抵抗値が増加して記録前の抵抗値に戻り、結果としてデータ・ビットが消去できる。

【0036】書き込み時に、探針の材料として金属や導電型がN型の半導体(例えばN型炭化珪素、N型Geなど)を用いると、書き込みされる電圧のしきい値は+3.5V程度に上昇してしまう。また、探針が破損する電圧も約2V低下し、5V程度となった。さらに、書き込み、読み出し、消去時においても、P型の半導体により構成された探針を用いた場合と比較して、それぞれの操作の再現性が低下し、書き込まれたビットの形状も不安定なものとなった。

【0037】一方、アモルファス半導体材料の導電型がN型、例えばN型Ge、N型Si、N型GeSeなどの場合には、N型の探針を用いることにより優れた書き込み、読み出し、消去特性が得られ、P型の探針を用いたときは、再現性の悪い特性が得られた。各種組合せの中でP型のアモルファス半導体材料とP型のダイヤモンド探針の組合せにおいて最も優れた特性が得られた。

【0038】従って、情報の記録を行うための最低電圧を低くするとともに探針の破損を防止するためには、記録媒体に用いられるアモルファス半導体材料の導電型と探針の導電型とを一致させることが極めて有効であり、上記のようにアモルファス半導体材料の導電型と探針の導電型とを一致させることにより、アモルファス半導体薄膜への電子や正孔の注入を行うことのできる最低電圧を低下させることが可能となる。

【0039】ここで、情報記録速度(書き込み速度)について説明する。情報の記録速度を高めるためには、一般に印加するパルス電圧のパルス幅を短くしてやればよ

い。しかしながら、一方でパルス幅を短くするためにはパルス電圧の値そのものを大きくする必要性があり、あまりにもパルス電圧の値を高くすると、探針が損傷してしまう。本発明では、上記したように、アモルファス半導体材料の導電型と探針の導電型とを一致させることにより、アモルファス半導体薄膜への電子や正孔の注入を行うことのできる最低電圧を低下させることが可能となるため、たとえパルス幅を短くするためにパルス電圧の値を大きくしても根本的に記録を行う電圧が小さいため、探針が損傷するといった問題点は生じず、結果的には情報記録の高速化と情報記録装置の耐久性の向上とを同時に達成することができる。

【0040】以上のように、本発明の記録再生消去方法について説明したが、上記の方法により、記録媒体の抵抗値が導電性探針から電圧を印加することにより可逆的に増減するメカニズムは、アモルファス状態の半導体薄膜のエネルギーバンド構造の変化が原因と考えられる。この変化は、アモルファス半導体の導電型がN型の場合は電子の注入が、P型の場合は正孔の注入が寄与しているものと考えられ、書き込み、読み出し、消去特性にアモルファス半導体と、探針の導電型の組合せが重要となったものと考えられる。

【0041】なお、本実施の形態において、アモルファス半導体薄膜材料として用いたGe-Sb-Teの組成比はGeSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>に限定されるものではなく、また、アモルファス半導体薄膜材料としてもGeSbTeに限定されるものではない。従って、Ge、Si、Sb及びTeから選ばれる少なくとも1種類を含んでいるカルコゲナイド系アモルファス半導体材料、例えば、GeTe、SiTe、GeTeSn、SbTe、GaSb、SbSe、SnTe、PbTe、SbSe、BiSe、GeSe、GaIn、InSbTeや、アモルファスGe、アモルファスSiを用いても上記した本実施の形態のように情報を記録、再生、消去を行うことができる。

【0042】しかしながら、アモルファス半導体薄膜の厚さは、5ナノメートル以上、25ナノメートル以下の場合においてとりわけ優れた特性が得られることが判明した。25ナノメートルより厚い場合も書き込み、読み出し、消去は可能であるが、それらに必要な電圧が増加し、探針が損傷を受けやすくなるといった欠点があり、5ナノメートルより薄い場合はアモルファス半導体薄膜が損傷を受けやすくなるといった欠点がある。

【0043】また、導電性探針としてはGe、Si、窒化ほう素、窒化アルミニウム、窒化ガリウム、窒化チタン、炭化ほう素、炭化珪素、ダイヤモンドから選ばれる少なくとも1種類を含む材料を用いることが望ましいことが判明した。

【0044】さらに、カンチレバーのバネ定数は、0.5N/m以下のものを用いることにより、走査中に発生する探針の摩耗やアモルファス半導体の機械的損傷を抑

えることができた。

【0045】(実施の形態2)図3は本発明の実施の形態2における情報記録装置の構成断面図を示す。本実施の形態は、基本的には上記した実施の形態1における情報記録再生装置と構成が類似しているが、記録媒体上に絶縁性の液体が形成されている点が異なり、以下ではその点に注目して本実施の形態を説明する。

【0046】図3に示すように、導電性基体1の上には、アモルファス半導体材料2である厚さ20nmのアモルファス状態のGeSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>薄膜2が形成されており、上記の導電性基体1とアモルファス半導体材料とにより記録媒体3を構成している。そして、さらにこの薄膜2の上には厚さ100nmのシリコンオイルからなる絶縁性液体15が被覆されている。なお、この被覆層はシリコンオイルの蒸気中に記録媒体3を保持することにより形成した。

【0047】絶縁性液体での被覆の有無による、書き込み、読み出し、消去特性への影響を調べたところ、書き込み時のパルス電圧の最大値(探針やアモルファス半導体に損傷を与え始める電圧)が、絶縁性液体の被覆により30%増大した。読み出し時や消去時にはノイズ信号の低下や再現性の向上が見られた。上記の点について図4を参照しながら詳細に説明する。図4は、情報を記録する際の探針4付近の詳細図を示したものであるが、探針4とアモルファス半導体薄膜2とが接触してはいないものの、その離間している距離が非常に小さい場合には、探針4の材料が蒸発してアモルファス半導体薄膜側に飛散してしまう(電界蒸発特性)。しかしながら、本実施の形態のように、記録媒体の表面に薄く液体を形成しておく、その液体によって探針の材料が飛散することを防止することができるため、上記のように探針が損傷を受けるしきい電圧が高くなる。また、ノイズの低下を達成することのできる原因は、上記したような探針4とアモルファス半導体薄膜2とが接触してはいないものの、その離間している距離が非常に小さい領域において、放電が発生することを防止することができたためと考えられる。

【0048】また、この絶縁性液体の被覆の厚さは2ナノメートル以上、2ミクロン以下が有効であった。2ミクロンより厚い場合は、記録媒体と探針との相対速度を大きくした場合、電氣的接触が不十分となる場合があり書き込まれた、データ・ビットを読み落とすことがあった。また2ナノメートルより薄い場合は、効果が不十分であった。

【0049】なお、上記の絶縁性液体としてはシリコンオイル以外に、含弗素カルボン酸系や含弗素カルボン酸エステル系などの潤滑剤でも実施可能である。

【0050】導電性探針がP型のダイヤモンドで構成し、アモルファス半導体薄膜がGe、Si、SbおよびTeから選ばれる少なくとも1種類を含むP型導電性の



材料で構成し、その表面を絶縁性液体で被覆した場合に、とりわけ優れた書き込み、読み出し、消去特性や長期にわたる安定性、再現性を実現できた。これは、ダイヤモンドを採用することにより耐摩耗性及び耐電界蒸発特性が向上したためと考えられる。

【0051】(実施の形態3)次に以下では図2を参照しながら、記録された情報のオーバーライト操作について説明する。なお、実施の形態1と同様に、アモルファス半導体薄膜としてP型の $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ 薄膜を用い、導電性探針4としてはほう素をドーピングしたP型の炭化珪素を用いた場合について説明する。

【0052】導電性探針4には、予め直流電圧電源7によって-1Vの直流電圧が印加されている。上記のように負の電圧を印加した状態で、記録媒体3の表面に探針を接触させながら、 $2\text{mm/sec}$ の速度で走査すると、 $+3\text{V}-10\mu\text{sec}$ のパルス電圧印加で記録されたデータ・ビットはすべて消去される。

【0053】導電性探針4がオーバーライト情報を記録すべき位置に達した瞬間に、パルス電圧電源8によって $+4\text{V}-10\mu\text{sec}$ のパルス電圧を発生させ、電圧加算器9を通して導電性探針4に $+3\text{V}-10\mu\text{sec}$ のパルス電圧を印加する。上記の操作により、記録媒体3のうちパルス電圧を印加した部分12は、抵抗値が低下して、これがデータ・ビットとして記録される。より詳細に説明すると、予め抵抗値が高い状態で記録されていた領域は上記の $+3\text{V}-10\mu\text{sec}$ のパルス電圧の印加により抵抗値が低下し、予め抵抗値が低い状態で記録されていた領域は $+3\text{V}-10\mu\text{sec}$ のパルス電圧の印加により記録媒体(アモルファス半導体材料薄膜)の状態は変化しないものの、抵抗値が低い状態が保持される結果となる。

【0054】以上の操作により、以前に記録されたデータ・ビットを消去しながら、新たなデータ・ビット12を記録する、いわゆるオーバーライト操作を、1本の導電性探針4で行うことが可能となった。

【0055】尚、本実施の形態においては、導電性探針4側に正電圧パルスを印加してオーバーライト操作を行っているが、負電圧パルスを印加することによりオーバーライト操作を行った場合は、書き込み可能な最小パルス電圧が上昇した。例えば、直流電圧電源7によって導電性探針4に+1Vの直流電圧を印加した状態で導電性探針4を移動させて、以前のデータ・ビットを消去しながら、導電性探針4が記録すべき位置に達した瞬間に、電源8によって $-4\text{V}-10\mu\text{sec}$ のパルス電圧を発生させ、電圧加算器9を通して導電性探針4に $-3\text{V}-10\mu\text{sec}$ のパルス電圧を印加しても、新たなデータ・ビットを記録できないこともあった。従って、本発明において、P型の記録媒体に対してP型の探針を用いた場合には、正の電圧により情報を記録することが最も望ましい形態となる。

【0056】また、アモルファス半導体薄膜材料としてN型半導体を用い、探針としてN型の半導体を用いた場合は、導電性探針4に+1Vの直流電圧を印加した状態で導電性探針4を移動させて、探針に負の電圧パルスを印加して記録された以前のデータ・ビットを消去しながら、導電性探針4が記録すべき位置に達した瞬間に、電源8によって $-4\text{V}-10\mu\text{sec}$ のパルス電圧を発生させ、電圧加算器9を通して導電性探針4に $-3\text{V}-10\mu\text{sec}$ のパルス電圧を印加することにより、新たなデータ・ビットを記録することができた。

【0057】オーバーライト操作においてもアモルファス半導体と導電性探針の導電型が異なる場合には書き込み電圧が上昇したり、再現性が不十分な場合があり、優れた特性が得られなかった。

【0058】アモルファス半導体として用いた $\text{Ge}-\text{Sb}-\text{Te}$ の組成比は $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ に限定されるものではなく、また、本実施の形態においては、アモルファス半導体薄膜材料として $\text{GeSbTe}$ を用いているが、必ずしもこれに限定されるものでもない。従って、Ge、Si、Sb及びTeから選ばれる少なくとも1種類を含んでいるカルコゲナイド系アモルファス半導体材料、例えば、 $\text{GeTe}$ 、 $\text{SiTe}$ 、 $\text{GeTeSn}$ 、 $\text{SbTe}$ 、 $\text{GaSb}$ 、 $\text{SbSe}$ 、 $\text{SnTe}$ 、 $\text{PbTe}$ 、 $\text{SbSe}$ 、 $\text{BiSe}$ 、 $\text{GeSe}$ 、 $\text{GaIn}$ 、 $\text{InSbTe}$ や、アモルファスGe、アモルファスSiを用いることもできる。

【0059】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の構成によれば、書き込みや消去に必要な電圧を低減し、かつ導電性探針、あるいは記録媒体を構成するアモルファス半導体薄膜が損傷を受け始める電圧を増大させることができる。その結果超高密度メモリー装置としての安定性、信頼性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態における情報記録装置の構成断面図

【図2】本発明の実施の形態における情報記録装置の構成断面図

【図3】本発明の実施の形態における情報記録装置の構成断面図

【図4】本発明の実施の形態における情報記録装置の探針付近の断面図

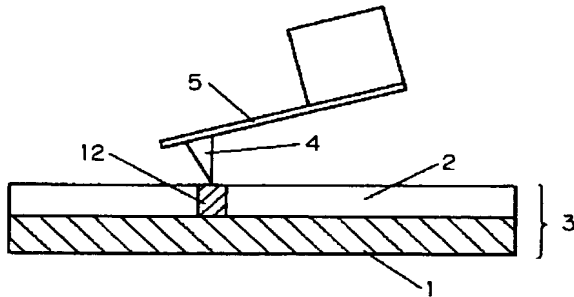
【符号の説明】

- 1 導電性基体
- 2 アモルファス半導体薄膜
- 3 記録媒体
- 4 導電性探針
- 5 カンチレバー
- 6 アクチュエータ
- 7 直流電圧電源

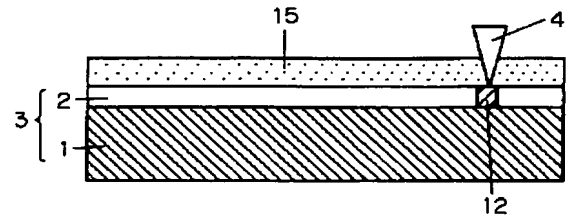
- 8 パルス電圧電源  
 9 電圧加算器  
 10 保護抵抗  
 11 電流増幅器  
 12 記録されたデータ・ビット

- 13 導電性接着剤  
 14 円盤  
 15 絶縁性液体  
 16 蒸発粒子

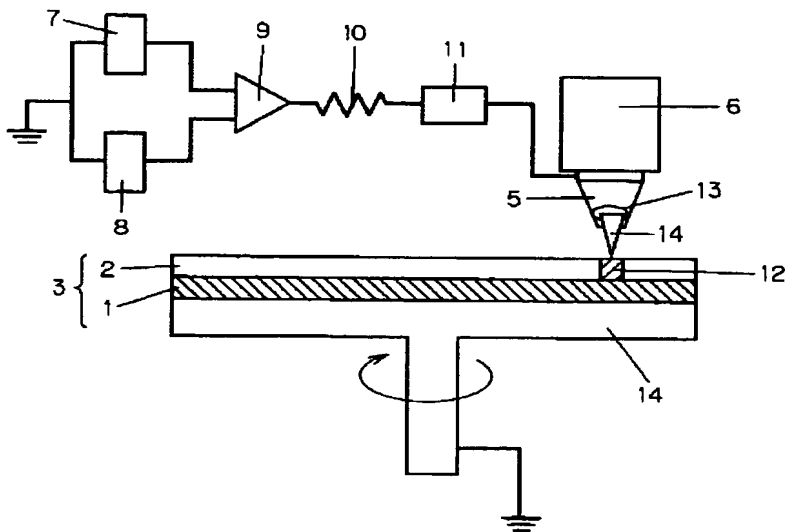
【図1】



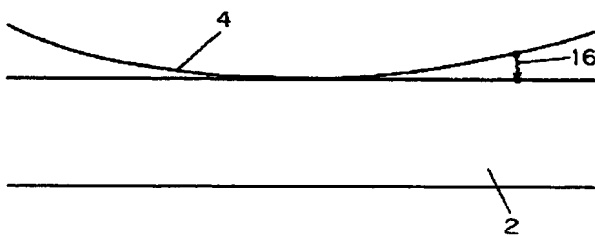
【図3】



【図2】



【図4】



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-282723

(43)Date of publication of application : 31.10.1997

(51)Int.Cl.

G11B 9/00  
G01N 37/00

(21)Application number : 08-089232

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND  
CO LTD

(22)Date of filing : 11.04.1996

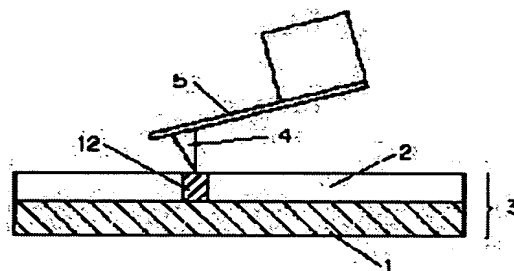
(72)Inventor : TODA TAKAO  
KADO HIROYUKI

## (54) INFORMATION RECORDING DEVICE, INFORMATION RECORDING METHOD AND INFORMATION REPRODUCING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a highly durable super-high density recording device and super-high density recording method capable of decreasing the voltage necessary for writing and erasing and increasing the voltage at which an amorphous semiconductor thin film constituting a recording medium or a conductive probe begins to receive damage.

**SOLUTION:** This device records data bit by impressing the voltage between the conductive probe 4 disposed at the front end of a cantilever 5 and the recording medium 2 contg. the amorphous semiconductor thin film 2 in the state of bringing the conductive probe 4 into contact with or proximity to the surface of the recording medium 3. The conductive probe 4 is composed of diamond of a (p) type. The amorphous semiconductor thin film 2 is composed of a material contg. at least one kind selected from Ge, Si, Sb or Te.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

This Page Blank (see p. 1)

rejection]

[Kind of final disposal of application other  
than the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

This Page Blank (uspto)

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The information recording device which is an information recording device which impresses an electrical potential difference between said conductive probes and said record media, and records a data bit where the conductive probe prepared in the cantilever point is contacted on the record-medium front face containing an amorphous semiconductor thin film, and is characterized by said conductive probe consisting of semi-conductors of the same conductivity type as said amorphous semiconductor thin film.

[Claim 2] The information recording device according to claim 1 characterized by the conductive probe containing at least one kind chosen from germanium, Si, a boron nitride, aluminium nitride, gallium nitride, titanium nitride, carbonization boron, silicon carbide, and a diamond.

[Claim 3] The information recording device according to claim 1 characterized by the load rate of a cantilever being 0.5 or less N/m.

[Claim 4] The information recording device according to claim 1 characterized by a conductive probe consisting of diamonds.

[Claim 5] Where the conductive probe which was prepared in the record-medium front face containing an amorphous semiconductor thin film at the cantilever point, and consisted of ingredients of the same conductivity type as said amorphous semiconductor thin film is contacted When it is the information record approach which impresses an electrical potential difference between said conductive probes and said record media, and records a data bit and a conductivity type uses the conductive probe of P type The information record approach characterized by impressing a forward electrical potential difference for a negative electrical potential difference at the time of elimination at said probe at the time of the writing of a data bit when a negative electrical potential difference is impressed to said probe for a forward electrical potential difference at the time of elimination and a conductivity type uses the conductive probe of N type at the time of the writing of a data bit.

[Claim 6] The information record approach according to claim 5 characterized by covering the record-medium front face with 2 microns or less in thickness, and an insulating liquid 2 nanometers or more.

[Claim 7] The information record approach according to claim 5 characterized by containing at least one kind as which an amorphous semiconductor thin film material is chosen from germanium, Si, Sb, and Te.

[Claim 8] Where the conductive probe which was prepared in the record-medium front face containing an amorphous semiconductor thin film at the cantilever point, and consisted of ingredients of the same conductivity type as said amorphous semiconductor thin film is contacted When it is the information record approach which impresses an electrical potential difference between said conductive probes and said record media, and records a data bit and a conductivity type uses the conductive probe of P type Moving said probe to said probe relatively along a record-medium front face, where a negative electrical potential difference is impressed When a data bit and a conductivity type uses the conductive probe of N type by impressing a forward electrical potential difference to said probe only at the time of writing The information record approach characterized by the over-write [ a data bit ] by impressing a negative electrical potential difference at said probe only at the time of writing while moving said probe to said probe relatively along said record-medium

This Page Blank (uspto)



front face, where a forward electrical potential difference is impressed.

[Claim 9] Where the conductive probe which was prepared in the record-medium front face containing an amorphous semiconductor thin film at the cantilever point, and consisted of ingredients of the same conductivity type as said amorphous semiconductor thin film is contacted Where it is the information playback approach which reproduces the data bit recorded by impressing an electrical potential difference between said conductive probes and said record media, it wrote in between said record conductivity probes and record media and the same polar electrical potential difference as the time is impressed The information playback approach characterized by detecting the current which flows between said conductive probes and said record media, and reproducing a data bit, moving said conductive probe relatively along said record-medium front face.

---

[Translation done.]

This Page Blank (uspto)

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the information record approach using the information recording device and it adapting an atomic force microscope ("AFM" call below) technique.

[0002]

[Description of the Prior Art] As an example of representation of current and the record approach of the information put in practical use, four kinds of approaches shown below are mentioned.

[0003] The magnetization direction of ferromagnetic particles, such as a magnetic tape and a magnetic disk, is changed [ 1st ] first. Or the magnetic-recording approach of performing informational record and playback by detecting, The optical recording approach of taking up the pit formed [ 2nd ] on disks, such as an optical disk, using laser light, Laser light and an external magnetic field are used for the optical MAG film which has [ 3rd ] the magneto-optical effects, such as a magnetic Kerr effect and the Faraday effect. Record, It is the phase change record approach of controlling the reproduced magneto-optic-recording approach, and the 4th crystal phase and an amorphous phase by heat energy of laser light, and detecting the difference in the refractive index between them with laser light.

[0004] Although all of four kinds of above-mentioned record techniques aim at improvement in recording density, all have the limitation theoretically about improvement in recording density. For example, in order to record using the magnetization condition of a magnetic material in the case of the magnetic-recording approach which is the 1st approach, there is a limitation in recording density from the balance of micrifying of a magnetic domain, and feeble-izing of a detecting signal. Moreover, in the case of the optical recording approach which is the 2nd approach, although the diameter of a pit which can be recorded and reproduced is dependent on the diameter of a condensing spot of laser light, this diameter of a spot is restricted by the wavelength of laser light. Furthermore, in order to record using laser light also about the magneto-optic-recording approach and the phase change record approach of being the 3rd and 4th approaches, since it is the same as that of the 2nd above-mentioned approach, there is a limitation.

[0005] In order to solve the technical problem to the above densification of record, the super-high density record approach of having applied scan mold probe microscope (henceforth "SPM") techniques, such as a scanning tunneling microscope (henceforth "STM") and AFM, is proposed in recent years. This records information by producing change in the shape of [ of a record medium ] surface type, or giving change to a surface physical property.

[0006] Change is produced in the shape of [ of a record medium ] surface type by the above-mentioned STM, or three kinds of approaches as shown below are proposed as an approach of giving change to a surface physical property. It is the electric approach of 1st changing a surface state first using the heat energy of a current which impresses an electrical potential difference between the electric-field evaporation method which is made generating strong electric field between the mechanical processing method which forces a probe on a record medium directly, and the 2nd probe and a substrate, is made depositing a probe ingredient on a record-medium front face, or removes the matter from a record-medium front face, and the 3rd probe and a record medium, and flows etc. Moreover, also in the record approach using AFM, the same proposal as the case of STM is made.

This Page Blank (uspto)

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The electric record approach using STM first described above is promising at the point which may be able to raise recording density to two or more 1 Tb/in.

[0008] however, in order to carry out reading appearance and to enlarge a rate, since it is necessary to control a probe by high degree of accuracy at a high speed in the writing of a signal, and the location separated from the record-medium front face to the order of nm, there are many problems in respect of utilization. Moreover, since the probe and the record medium are separated at the time of record, it is necessary to impress a comparatively big electrical potential difference, and there is a trouble of being easy to damage a probe. Furthermore, since it is contained in the tunnel current by which the information on the irregularity of the front face which exists in a record-medium front face primarily is detected when detecting tunnel current and reproducing the surface state changed by the electric approach, the complicated actuation and the equipment which separate such information are needed.

[0009] On the other hand, although recording density may be able to be raised to two or more 1 Tb/in also in the electric record approach using AFM and it is promising, in order to make drawing speed quick, when write-in pulse width is made small and a pulse voltage is made high, there is a trouble that a probe is damaged.

[0010] Then, in order to solve the technical problem in the above-mentioned conventional technique, an AFM technique is applied, the trouble that drawing speed will be quick at super-high density, and the probe for record will be damaged does not arise, but this invention aims at offering the information record approach used for an information recording device and it excellent also in endurance.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, the 1st information recording apparatus of this invention is an information recording apparatus which impresses an electrical potential difference between a conductive probe and a record medium, and records a data bit where the conductive probe prepared in the cantilever point is approached or contacted on the record-medium front face containing an amorphous semiconductor thin film, and consists of semi-conductors of the conductivity type as an amorphous semiconductor thin film with the same conductive probe.

[0012] Moreover, the 2nd configuration of the information recording apparatus concerning this invention is in the condition of having approached or contacted the conductive probe prepared in the cantilever point on the record-medium front face containing an amorphous semiconductor thin film, and it is the information recording apparatus which impresses an electrical potential difference between a conductive probe and a record medium, and records a data bit, and is characterized by covering the record-medium front face with 2 microns or less in thickness, and an insulating liquid 2 nanometers or more.

[0013] Moreover, in the 1st and 2nd configuration of this invention, it is desirable to include at least one kind as which an amorphous semiconductor thin film material is chosen from germanium, Si, Sb, and Te.

[0014] Moreover, in the 1st and 2nd configuration of this invention, it is desirable that the load rate of a cantilever is 0.5 or less N/m including at least one kind as which a conductive probe is chosen from germanium, Si, a boron nitride, aluminum nitride, gallium nitride, titanium nitride, carbonization boron, silicon carbide, and a diamond.

[0015] Moreover, the 3rd still more desirable configuration of the information recording device concerning this invention Where the conductive probe prepared in the cantilever point is approached or contacted on the record-medium front face containing the amorphous semiconductor thin film of P type It is the information recording device which impresses an electrical potential difference between a probe and said record medium, and records a data bit. A probe consists of diamonds of P type. An amorphous semiconductor thin film 5 nanometers or more in thickness It consists of ingredients including at least one kind chosen from germanium, Si, Sb, and Te 25 nanometers or less, and the record-medium front face is covered with 2 nanometers or more in thickness, and an insulating liquid 1 micron or less.

[0016] The 1st information record approach of this invention on next, the record-medium front face

This Page Blank (Rev. 11/11)

containing an amorphous semiconductor thin film. Where it is prepared in a cantilever point, it consists of semi-conductors of the same conductivity type as an amorphous semiconductor thin film and a conductive probe is approached or contacted. When it is the information record approach which impresses an electrical potential difference between a conductive probe and a record medium, and records a data bit and a conductivity type uses the conductive probe of P type. When a negative electrical potential difference is impressed to a probe for a forward electrical potential difference at the time of elimination and a conductivity type uses the conductive probe of N type at the time of the writing of a data bit, it is characterized by impressing a forward electrical potential difference for a negative electrical potential difference at a probe at the time of elimination at the time of the writing of a data bit.

[0017] Moreover, the 2nd configuration of the information record approach concerning this invention. Where it is prepared in the record-medium front face containing an amorphous semiconductor thin film at a cantilever point, it consists of semi-conductors of the same conductivity type as an amorphous semiconductor thin film and a conductive probe is approached or contacted. When it is the information record approach which impresses an electrical potential difference between a conductive probe and a record medium, and records a data bit and a conductivity type uses the conductive probe of P type. Moving a probe to a probe relatively along a record-medium front face, where the electrical potential difference of electronegative is impressed. When a data bit and a conductivity type uses the conductive probe of N type by impressing a forward electrical potential difference to a probe only at the time of writing. It is characterized by the over-write [ a data bit ] by impressing a negative electrical potential difference at a probe only at the time of record, moving a probe to a probe relatively along a record-medium front face, where a forward electrical potential difference is impressed.

[0018] Moreover, in the 1st and 2nd configuration of the information record approach of this invention, it is desirable to be in the condition which impressed the electrical potential difference between the conductive probe and the record medium, to detect the current which flows between a probe and a record medium while moving a probe relatively along said record-medium front face, to read a data bit and to reproduce.

[0019] Moreover, the 3rd still more desirable configuration of the information record approach concerning this invention. On the record-medium front face containing the amorphous semiconductor thin film of the P type which consists of thickness of 5 nanometers or more, and at least one kind of ingredient chosen from germanium, Si, Sb, and Te 25 nanometers or less. Where it consists of diamonds of the P type formed in the cantilever point and a conductive probe is approached or contacted. It is the information record approach which impresses an electrical potential difference between a probe and said record medium, and records a data bit. Where it impressed the negative electrical potential difference for the forward electrical potential difference at the time of elimination, and it wrote in at the time of read-out of a data bit and a forward electrical potential difference smaller than the time is impressed to a probe at the time of the writing of a data bit. It is characterized by detecting the current which flows a probe and reading a data bit, moving a probe relatively along a record-medium front face.

[0020]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the information recording device and the information record approach in a gestalt of operation of this invention are explained, referring to a drawing.

[0021] Drawing 1 is the sectional view showing the outline of the information recording device in the gestalt of this invention operation. It is in the condition of having contacted the conductive probe 4 prepared in the point of a cantilever 5 on the front face of the record medium 3 which consists of an amorphous semiconductor thin film 2 formed on the conductive base 1, and an electrical potential difference is impressed between said conductive probes 4 and said record media 3, and a data bit is recorded.

[0022] Under the present circumstances, it can be made lower than the case where the applied voltage to the probe 4 needed for writing is constituted from the different conductive probe and different amorphous semiconductor of a conductivity type, by constituting the conductive probe 4 from a semi-conductor of the same conductivity type as the amorphous semiconductor thin film 2. That is, what is necessary is just to use the probe which consists of a semi-conductor of N type to the

This Page Blank (uspt)



amorphous semiconductor of N type using the probe which consists of a semi-conductor of P type to the amorphous semiconductor of P type. This is considered because the electron to an amorphous semiconductor thin film and impregnation of an electron hole came to be performed on a lower electrical potential difference by making in agreement the conductivity type of a probe 4 and the amorphous material thin film 2.

[0023] Next, although it is about the concrete approach at the time of recording information, when a conductivity type uses the conductive probe and amorphous semiconductor of P type, by impressing a negative electrical potential difference to a probe for a forward electrical potential difference at the time of elimination, repeatability is better than the case where the electrical potential difference of reversed polarity is impressed, respectively, at the time of the writing of a data bit, and writing and elimination can be performed by the low battery at it. Moreover, when a conductivity type uses the probe and amorphous semiconductor of N type, by impressing a forward electrical potential difference to a conductive probe for a negative electrical potential difference at the time of elimination, repeatability is better than the case where the electrical potential difference of reversed polarity is impressed, respectively, at the time of the writing of a data bit, and writing and elimination can be performed by the low battery at it. As this cause, by using the probe of P type, impregnation of an electron hole is performed easily and writing is considered because impregnation of an electron is easily performed by the probe of N type with the amorphous semiconductor of N type with the amorphous semiconductor of P type.

[0024] Next, although it is about the concrete approach at the time of performing over-writing which writes in new information on the already written-in information When a conductivity type uses the conductive probe of P type, and the amorphous semiconductor of P type Moving a probe to a conductive probe relatively along a record-medium front face, where a negative electrical potential difference is impressed When a forward electrical potential difference is impressed to a conductive probe and a conductivity type uses the probe of N type, and the amorphous semiconductor of N type only at the time of writing A negative electrical potential difference is impressed to said conductive probe only at the time of writing, moving a probe to a conductive probe relatively along a record-medium front face, where a forward electrical potential difference is impressed.

[0025] In addition, read-out (playback) of information is in the condition which wrote in between the conductive probe and the record medium and impressed the same polar electrical potential difference as the time, and it can be performed by detecting the current which flows to a conductive probe, moving a conductive probe relatively along a record-medium front face.

[0026] moreover, by covering the front face of a record medium 3 (amorphous semiconductor thin film 2) with insulating liquids, such as a silicone oil, applied voltage to a probe or the probe which a record medium begins to damage can be enlarged more, and raising the endurance of an information recording device as a result cuts. Since breakage of a probe or a record medium has occurred according to the electric-field evaporation phenomenon, this is considered that electric-field evaporation stopped being able to happen easily by making an insulating liquid intervene between the record-medium front faces near the head of a probe where strong electric field are impressed by the probe.

[0027] As mentioned above, although the outline of this invention was explained, below, suppose that this invention is explained to a detail.

[0028] (Gestalt 1 of operation) Although the configuration sectional view of the information recording device in the gestalt of the operation of this invention to drawing 2 is shown, below, it divides into a record medium and an information recording device, and the gestalt of this operation is explained.

[0029] GeSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> of an amorphous condition with a thickness of 20nm which the conductive base 1 (for example, formed from silicon etc.) is formed on the disc 14 (for example, formed from aluminum etc.), and is an amorphous semiconductor ingredient on the conductive base 1 further as shown in drawing 2 although it is about a record medium first The thin film 2 is formed. And the record medium 3 is formed with the above-mentioned \*\*\*\* base 1 and the above-mentioned amorphous semiconductor ingredient 2. In addition, the conductivity type of the above-mentioned amorphous semiconductor ingredient 2 is P type, and what has the large (for example, 103-ohmcm) resistance in an initial state is used.

This Page Blank (unp.)

[0030] On the other hand, although it is about an information recording device, the conductive probe 4 which countered the record medium 3 and has been arranged consists of diamonds of P type conductivity which carried out the ion implantation of the boron, and in order to soften the impact by the collision with the front face of the record medium 3 which may happen during record or playback, it is being fixed to the point of the cantilever 5 of load-rate 0.1 N/m produced by the metallic foil with a thickness of 30 microns by electroconductive glue 13.

[0031] The above-mentioned cantilever 5 is attached in the direction of X, the direction of Y, and the Z direction at the actuator 6 in which precision actuation is possible, and, thereby, can move the conductive probe 4 in the precision of 0.1nm or less along the front face of a record medium 3. Moreover, it has the composition of impressing an electrical potential difference between the conductive probe 4 and a record medium 3, with the direct-current-voltage power source 7, the pulse-voltage power source 8, and the electrical-potential-difference adder 9 adding these electrical potential differences. In addition, the 1-M ohm protective resistance 10 and the current amplifier 11 for detecting the current which flows the conductive probe 4 are connected to these circuits.

[0032] Next, below, record of the information in the gestalt of this operation and the playback approach are explained, referring to drawing 2.

[0033] The conductive probe 4 moves by rotating a disc 14 by relative-velocity 2 mm/sec in a record-medium 3 front-face top, being controlled to contact the front face of a record medium 3 by the small force with an actuator 6. When the pulse voltage of +3V-10microsec was generated and the electrical potential difference was impressed to the conductive probe 4 according to the pulse-voltage power source 8 at the flash which arrived at the location which the conductive probe 4 should record, resistance fell (for example, 10-ohmcm) and, as for the part 12 which impressed the pulse voltage among record media 3, this was recorded as a data bit. The energy band structure on the front face of a medium changes, and the reason resistance changes as mentioned above is considered for a current to become easy to flow as a result.

[0034] The playback approach of the recorded information is explained shortly. Since resistance is [ resistance ] low unlike the non-Records Department, the Records Department can read the information recorded by reading this resistance value change as a current value change. The direct current voltage of +0.5V was impressed to the conductive probe 4 according to the power source 7, and specifically, record-medium 3 front face was scanned by rotating a disc 14 by relative-velocity 2 mm/sec, making the front face of a record medium 3 contact. At this time, the recorded data bit was able to be read by detecting the current which flows a probe 4 through a current amplifier 11. However, the playback electrical potential difference at the time of this playback needs to be the magnitude of extent from which a record medium does not start a change in resistance. In the case of the gestalt of this operation, the threshold of the electrical potential difference (possible electrical potential difference of in other words giving change to the resistance of a record medium) which can be written in was +2.7V. Therefore, it is necessary to read information by impressing the electrical potential difference not more than it. The magnitude of the Records Department 12 reproduced by this approach was a circle whose diameter is about 20nm (in addition, the radius of curvature at the head of a probe is about 100nm). In the case of magnitude with a record bit of this level, it is 1 Tbit/in<sup>2</sup>. It is possible enough to record the information on extent. Moreover, it depends for the magnitude of this record bit on the touch area of the conductive probe 4 and a record medium 3. Therefore, further densification can be attained by using a conductive probe with small head radius of curvature.

[0035] Next, below, the elimination approach of the recorded information is explained. It moves onto the data bit which had the conductive probe 4 recorded like the time of the above-mentioned record, and where the conductive probe 4 is contacted to a record medium 3, if the pulse voltage of -1V-10microsec is impressed, the resistance of the Records Department increases and a data bit can be eliminated as return and a result to the resistance before record.

[0036] If a metal and a conductivity type use the semi-conductors (for example, N type silicon carbide, N type germanium, etc.) of N type as an ingredient of a probe at the time of writing, the threshold of the electrical potential difference written in will rise to about +3.5V. Moreover, the electrical potential difference which a probe damages also fell by about 2v, and became about 5V. Furthermore, it wrote in and the configuration of a bit where the repeatability of each actuation fell

This Page Blank (user)

and was written in also became unstable as compared with the case where the probe constituted with the semi-conductor of P type at the time of read-out and elimination is used.

[0037] When [ at which the conductivity type of an amorphous semiconductor ingredient excelled by using the probe of N type on the other hand in N type, for example N type germanium, N type Si, N type GeSe, etc. ] it wrote in, read-out and an elimination property were acquired and the probe of P type was used, the property that repeatability is bad was acquired. The property which was most excellent in the amorphous semiconductor ingredient of P type and the combination of the diamond probe of P type in various combination was acquired.

[0038] therefore, while making low the minimum electrical potential difference for recording information, in order to prevent breakage of a probe By it being very effective to make in agreement the conductivity type of an amorphous semiconductor ingredient and the conductivity type of a probe which are used for a record medium, and making in agreement the conductivity type of an amorphous semiconductor ingredient, and the conductivity type of a probe as mentioned above It becomes possible to reduce the minimum electrical potential difference which can perform the electron to an amorphous semiconductor thin film, and impregnation of an electron hole.

[0039] Here, an information recording rate (drawing speed) is explained. What is necessary is just to shorten pulse width of the pulse voltage generally impressed, in order to raise an informational recording rate. However, a probe will be damaged, if there is the need of enlarging the value of a pulse voltage itself and the value of a pulse voltage is made high too much, in order to shorten pulse width by one side. Since it becomes possible in this invention to reduce the minimum electrical potential difference which can perform the electron to an amorphous semiconductor thin film, and impregnation of an electron hole by making in agreement the conductivity type of an amorphous semiconductor ingredient, and the conductivity type of a probe as described above, Since the electrical potential difference which records fundamentally is small even if it enlarges the value of a pulse voltage, in order to shorten pulse width even if, it is not generated but the trouble that a probe is damaged can attain simultaneously improvement in the speed of information record, and improvement in the endurance of an information recording device as a result.

[0040] As mentioned above, although the record playback elimination approach of this invention was explained, as for the mechanism reversibly fluctuated by the above-mentioned approach when the resistance of a record medium impresses an electrical potential difference from a conductive probe, change of the energy band structure of the semi-conductor thin film of an amorphous condition is considered to be the cause. It is thought that impregnation of an electron contributes this change when the conductivity type of an amorphous semiconductor is N type, and impregnation of an electron hole has contributed in the case of P type, it writes in and it is thought that the combination of an amorphous semiconductor and the conductivity type of a probe became important at read-out and an elimination property.

[0041] In addition, the presentation ratio of germanium-Sb-Te used as an amorphous semiconductor thin film material in the gestalt of this operation is GeSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>. It is not limited and is not limited to GeSbTe as an amorphous semiconductor thin film material. Therefore, record, playback, and elimination can be performed for information like the gestalt of this operation described above even if it used a chalcogenide type amorphous semiconductor ingredient including at least one kind chosen from germanium, Si, Sb, and Te, for example, GeTe, SiTe, GeTeSn, SbTe, GaSb, SbSe, SnTe, PbTe, SbSe, BiSe, GeSe, GaIn, InSbTe, and amorphous germanium and an amorphous silicon.

[0042] However, it became clear that the property in which the thickness of an amorphous semiconductor thin film divided and was excellent in the case of 5 nanometers or more and 25 nanometers or less was acquired. Although it writes in also when thicker than 25 nanometers, and read-out and elimination are possible, an electrical potential difference required for them increases, there is a fault that a probe becomes easy to receive breakage, and when thinner than 5 nanometers, there is a fault that an amorphous semiconductor thin film becomes easy to receive breakage.

[0043] Moreover, it became clear that it is desirable to use an ingredient including at least one kind chosen from germanium, Si, a boron nitride, aluminum nitride, gallium nitride, titanium nitride, carbonization boron, silicon carbide, and a diamond as a conductive probe.

[0044] Furthermore, the load rate of a cantilever was able to suppress the wear of a probe and the

This Page Blank (uspto)

mechanical damage of an amorphous semiconductor which are generated during a scan by using the thing of 0.5 or less N/m.

[0045] (Gestalt 2 of operation) Drawing 3 shows the configuration sectional view of the information recording device in the gestalt 2 of operation of this invention. Fundamentally, it differs in that the insulating liquid is formed on the record medium, and, below, the gestalt of this operation explains the gestalt of this operation paying attention to the point, although the information record regenerative apparatus and configuration in a gestalt 1 of the above-mentioned operation are similar.

[0046] GeSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> of an amorphous condition with a thickness of 20nm which is the amorphous semiconductor ingredient 2 on the conductive base 1 as shown in drawing 3. The thin film 2 is formed and the above-mentioned conductive base 1 and an above-mentioned amorphous semiconductor ingredient constitute the record medium 3. And on this thin film 2, the insulating liquid 15 which consists of a silicone oil with a thickness of 100nm is covered further. In addition, this enveloping layer was formed by holding a record medium 3 into the steam of a silicone oil.

[0047] When [ which was depended on the existence of a coat with an insulating liquid ] it wrote in and the effect on read-out and an elimination property was investigated, the maximum (electrical potential difference which begins to do breakage to a probe or an amorphous semiconductor) of the pulse voltage at the time of writing increased 30% by the coat of an insulating liquid. Lowering of a noise signal and improvement in repeatability were found at the time of read-out and elimination. It explains to a detail, referring to drawing 4 about the above-mentioned point. Although drawing 4 shows the detail drawing of probe 4 near at the time of recording information, and the probe 4 and the amorphous semiconductor thin film 2 do not touch, when the estranged distance is very small, the ingredient of a probe 4 evaporates and it disperses in an amorphous semiconductor thin film side (electric-field evaporation property). However, if the liquid is thinly formed on the surface of the record medium, since it can prevent that the ingredient of a probe disperses with the liquid like the gestalt of this operation, as mentioned above, breakage is received, it comes, a probe is, and an electrical potential difference becomes high. Moreover, in the field where the estranged distance is very small, although a probe 4 and the amorphous semiconductor thin film 2 which were described above do not touch, since it prevented that discharge occurred, the cause that lowering of a noise can be attained is considered.

[0048] Moreover, the thickness of a coat of this insulating liquid had 2 nanometers or more and effective 2 microns or less. When thicker [ than 2 microns ] and relative velocity of a record medium and a probe is enlarged, it might be failed to read the data bit which it may become inadequate electric contacting and was written in. Moreover, effectiveness was inadequate when thinner than 2 nanometers.

[0049] In addition, as the above-mentioned insulating liquid, lubricant, such as a fluorine-containing carboxylic-acid system and a fluorine-containing carboxylate system, can also be carried out in addition to a silicone oil.

[0050] The conductive probe consisted of diamonds of P type, and it constituted from an ingredient including at least one kind as which an amorphous semiconductor thin film is chosen from germanium, Si, Sb, and Te of P type conductivity, and when the front face was covered with an insulating liquid, stability over [ write in and ] read-out, an elimination property, or a long period of time which divided and was excellent, and repeatability have been realized. Since abrasion resistance and an electric-field-proof evaporation property improved by adopting a diamond, this is considered.

[0051] (Gestalt 3 of operation) Over-writing actuation of the recorded information is explained below, referring to drawing 2. In addition, it is GeSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> of P type as an amorphous semiconductor thin film like the gestalt 1 of operation. The case where the silicon carbide of the P type which doped boron as a conductive probe 4 is used using a thin film is explained.

[0052] The direct current voltage of -1V is beforehand impressed to the conductive probe 4 according to the direct-current-voltage power source 7. If it scans at the rate of 2 mm/sec, contacting a probe on the front face of a record medium 3 where a negative electrical potential difference is impressed as mentioned above, all the data bits recorded by pulse-voltage impression of +3V-10microsec will be eliminated.

[0053] According to the pulse-voltage power source 8, the conductive probe 4 generates the pulse

This Page Blank (asp...)



voltage of +4V-10microsec, and impresses the pulse voltage of +3V-10microsec to the conductive probe 4 through the electrical-potential-difference adder 9 at the flash which arrived at the location which should record over-writing information. Resistance falls and, as for the part 12 which impressed the pulse voltage among record media 3, this is recorded as a data bit by the above-mentioned actuation. If it explains to a detail more, by impression of the pulse voltage of +3V-10microsec of the above [ the field currently beforehand recorded in the condition that resistance is high ], resistance falls, and the field where resistance was beforehand recorded in the low condition will bring a result by which the condition that resistance is low is held, although the condition of a record medium (amorphous semiconductor ingredient thin film) does not change with impression of the pulse voltage of +3V-10microsec.

[0054] It became possible to perform the so-called over-writing actuation which records the new data bit 12 by one conductive probe 4, eliminating the data bit recorded before by the above actuation.

[0055] In addition, in the gestalt of this operation, although the forward electrical-potential-difference pulse was impressed and over-writing actuation was performed to the conductive probe 4 side, when over-writing actuation was performed by impressing a negative electrical-potential-difference pulse, the minimum pulse voltage which can be written in rose. For example, eliminating [ where the direct current voltage of +1V is impressed to the conductive probe 4, move the conductive probe 4, and ] a earlier data bit according to the direct-current-voltage power source 7. Even if it generated the pulse voltage of -4V-10microsec and impressed the pulse voltage of -3V-10microsec to the conductive probe 4 through the electrical-potential-difference adder 9 at the flash which arrived at the location which the conductive probe 4 should record according to the power source 8, a new data bit might be unrecordable. Therefore, in this invention, when the probe of P type is used to the record medium of P type, it becomes the most desirable gestalt to record information with a forward electrical potential difference.

[0056] Moreover, when the semi-conductor of N type is used as a probe, using an N-type semiconductor as an amorphous semiconductor thin film material. Eliminating the earlier data bit which was made to move the conductive probe 4 where the direct current voltage of +1V is impressed to the conductive probe 4, and was recorded on the probe by impressing a negative electrical-potential-difference pulse. A new data bit was recordable by generating the pulse voltage of -4V-10microsec, and impressing the pulse voltage of -3V-10microsec to the conductive probe 4 through the electrical-potential-difference adder 9 at the flash which arrived at the location which the conductive probe 4 should record according to a power source 8.

[0057] When an amorphous semiconductor differed from the conductivity type of a conductive probe also in over-writing actuation, it wrote in, and an electrical potential difference did not rise and the property which may be inadequate and was excellent was not acquired. [ of repeatability ]

[0058] The presentation ratio of germanium-Sb-Te used as an amorphous semiconductor is GeSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>. Although it is not limited and GeSbTe is used as an amorphous semiconductor thin film material in the gestalt of this operation, it is not necessarily limited to this, either. Therefore, a chalcogenide type amorphous semiconductor ingredient including at least one kind chosen from germanium, Si, Sb, and Te, for example, GeTe, SiTe, GeTeSn, SbTe, GaSb, SbSe, SnTe, PbTe, SbSe, BiSe, GeSe, GaIn, InSbTe, and amorphous germanium and an amorphous silicon can also be used.

[0059]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the configuration of this invention, the electrical potential difference from which the amorphous semiconductor thin film which reduces an electrical potential difference required for writing or elimination, and constitutes a conductive probe or a record medium begins to receive breakage can be increased. As a result, the stability as a super-high density memory apparatus and dependability can be raised.

---

[Translation done.]

This Page Blank (uspto)

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The configuration sectional view of the information recording device in the gestalt of operation of this invention

[Drawing 2] The configuration sectional view of the information recording device in the gestalt of operation of this invention

[Drawing 3] The configuration sectional view of the information recording device in the gestalt of operation of this invention

[Drawing 4] The sectional view near the probe of the information recording device in the gestalt of operation of this invention

[Description of Notations]

1 Conductive Base

2 Amorphous Semiconductor Thin Film

3 Record Medium

4 Conductive Probe

5 Cantilever

6 Actuator

7 Direct-Current-Voltage Power Source

8 Pulse-Voltage Power Source

9 Electrical-Potential-Difference Adder

10 Protective Resistance

11 Current Amplifier

12 Recorded Data Bit

13 Electroconductive Glue

14 Disc

15 Insulating Liquid

16 Evaporation Particle

---

[Translation done.]

This Page Blank (usp)

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

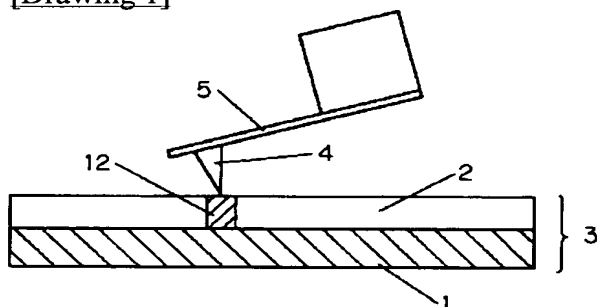
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

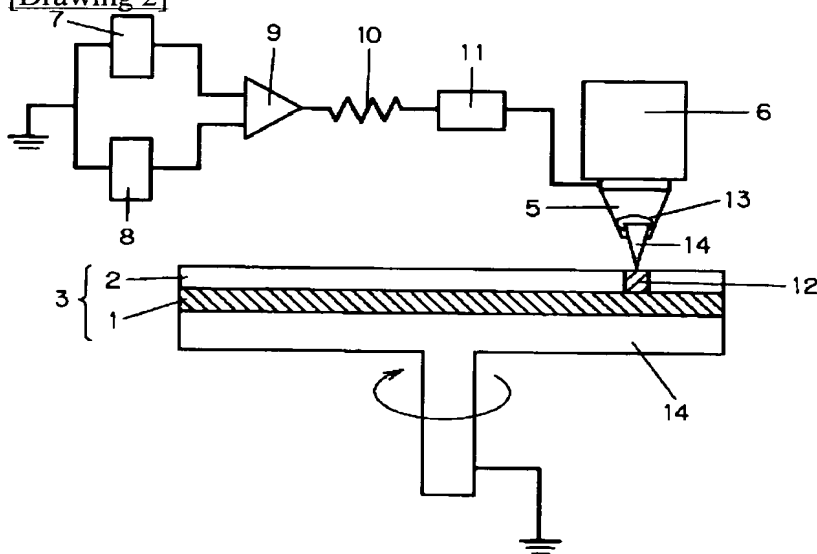
3. In the drawings, any words are not translated.

**DRAWINGS**

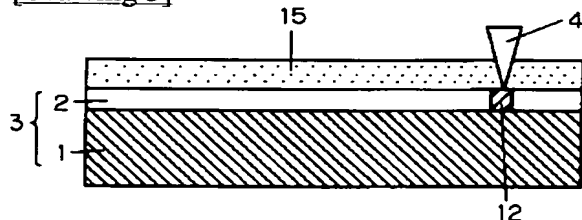
[Drawing 1]



[Drawing 2]

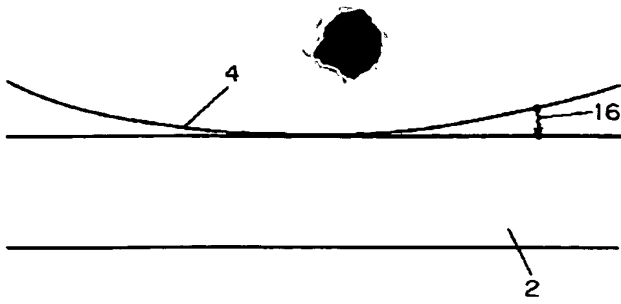


[Drawing 3]



[Drawing 4]

This Page Blank (uspto)



---

[Translation done.]



This Page Blank (us)